



**Centro Universitário de Brasília  
Instituto CEUB de Pesquisa e Desenvolvimento - ICPD**

**ANÁLISE QUANTITATIVA DE ESTRUTURAS SIMILARES EM CONCRETO  
ARMADO UTILIZANDO A METODOLOGIA GDE/UNB - ESTUDO DE CASO**

**Ráysson Ferreira Teles\***

**RESUMO**

O concreto armado se tornou o material da construção civil mais utilizado em todo mundo, isso implica em estudos aprofundados para o entendimento do comportamento das estruturas concebidas com a aplicação deste material. Resultado desta preocupação foi a criação da Metodologia GDE, que possibilita a verificação do grau de deterioração de estruturas através de inspeções *in-loco*. Em posse desta ferramenta duas edificações de aproximadamente 43 anos de existência, situadas em uma organização militar do Exército Brasileiro no Distrito Federal, foram avaliadas com o objetivo de se verificar o grau de deterioração das duas edificações. Nesta avaliação foram inspecionados um total de 177 elementos estruturais com a confecção de croquis das edificações mapeando a incidência de cada tipo de patologia em cada edificação e por fim foi realizada uma comparação entre os estados de deterioração entre as edificações. Verificou-se que em uma das edificações a incidência de manifestações patológicas se deu de forma mais acentuada estando está em nível de deterioração médio, enquanto a segunda o nível de deterioração é baixo, esta diferença entre as duas edificações se justifica a diferente exposição à agentes externos a que os elementos estão expostos além disso tais anomalias foram motivadas pela falta de manutenção preventiva, impermeabilizações degradadas ou ausência da mesma e esbeltez excessiva dos elementos estruturais do Pavilhão de Comando.

**Palavras-chave:** Metodologia GDE. Patologia. Durabilidade. Vida útil.

---

\* Trabalho apresentado ao Centro Universitário de Brasília (UniCEUB/ICPD) como pré-requisito para obtenção de Certificado de Conclusão de Curso de Pós-graduação *Lato Sensu* em Projeto, Execução e Manutenção de Edificações, sob orientação da Prof. MSc. Irene de Azevedo Lima Joffily

## 1 INTRODUÇÃO

O concreto armado é o material construtivo de maior utilização em todo o mundo, sua utilização em larga escala como material de construção se deve a algumas características particulares, tais como a facilidade de execução de elementos de diversas formas e tamanhos, a disponibilidade de materiais constituintes e principalmente pelo menor custo quando comparado a outros materiais (ANDRADE, 1997).

Segundo Angelo (2004), no início da década de 70, os materiais da construção civil utilizados na execução do concreto armado evoluíram significativamente, em especial os cimentos. Com a utilização de novas tecnologias e equipamentos, as fábricas de cimento passaram a oferecer no mercado um cimento com grãos mais finos e ricos em adições minerais. Estas novas características do cimento propiciavam ao concreto um rápido crescimento de resistência nas primeiras idades e uma resistência final também superior.

No entanto, mesmo diante de excelentes resultados de desempenho e qualidade, o concreto armado necessitava de certos cuidados na sua elaboração, com objetivo de otimizar seu desempenho e vida útil. A sua correta utilização se baseia no estudo do traço, dosagem, manuseio e cura adequados, além disso, manutenção preventiva periódica e a proteção contra agentes agressivos (LAPA, 2008).

Com o passar dos anos, percebeu-se que esses concretos, concebidos a partir dos novos procedimentos, tornaram-se verdadeiras “bombas relógios”. Reduzindo-se a quantidade de material alcalino, oriundo do cimento, e o consecutivo aumento da quantidade de água, o concreto ficou poroso, mais permeável e cuja proteção química, oferecida pelos álcalis do cimento ao aço, mostrou-se insuficiente. Isso desencadeou significativos números de patologias em estruturas de concreto, principalmente com grande incidência de casos de corrosão das armações (ANGELO, 2004).

Além dessa nova característica do concreto, a falta de manutenção faz com que pequenas manifestações patológicas, que teriam baixo custo de recuperação, evoluam para situações de desempenho insatisfatório com ambientes insalubres, de deficiente aspecto estético, de possível insegurança estrutural e de alto custo de recuperação (GONÇALVES, 2015).

Inspecionar, avaliar e diagnosticar as patologias da construção são atividades de alto grau de complexidade e exige do engenheiro conhecimento aprofundado e experiência no desenvolvimento destas tarefas, desta forma fica assegurado que o especialista aponte um diagnóstico correto e a adoção de terapias adequadas.

Com o objetivo de facilitar e atribuir maior confiabilidade a estas práticas são cada vez mais comuns metodologias que vem sendo desenvolvidas com foco na praticidade, precisão e cada vez menos na subjetividade, dentre as quais podemos citar a Matriz GUT – (Matriz de Gravidade, Urgência e Tendência) e Metodologia GDE – (Grau de Deterioração da Estrutura).

Em face destas dificuldades, o presente estudo foi elaborado utilizando a Metodologia GDE com o objetivo de fazer uma análise quantitativa do grau de deterioração das estruturas de duas edificações do Exército Brasileiro no Distrito Federal, inspecionando e avaliando a intensidade e incidência das manifestações patológicas encontradas, as quais foram mapeadas em croquis e por fim foi realizada uma análise indicando o motivo das diferenças entre os níveis de deterioração entre as estruturas.

O presente trabalho foi então estruturado nas seguintes seções: na seção dois apresenta-se a Revisão da Literatura que abordará os tópicos de considerações sobre patologias, durabilidade, vida útil, manifestações patológicas e metodologia GDE; a seção três faz referência a metodologia empregada no desenvolvimento deste estudo; na seção quatro apresentam-se os resultados e análises do estudo de caso e por fim na quinta seção são apresentadas as conclusões obtidas com a execução do estudo.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Considerações sobre patologias**

Helene (1997) afirma que Patologia pode ser entendida como parte da engenharia que estuda os sintomas, os mecanismos, as causas e as origens dos defeitos das construções civis, ou seja, é o estudo das partes que compõem o diagnóstico do problema.

Uma outra caracterização sobre patologia foi feita por Azevedo (2011), onde o autor afirma que, em geral, os danos que constituem indícios de comportamento irregular de componentes do sistema, devem ser devidamente avaliados e adequadamente corrigidos para que não venha a comprometer as condições de estabilidade e segurança do elemento danificado ou até da edificação. Esse tipo de dano ou defeito caracteriza o que chamamos de manifestação patológica e é objeto da ciência identificada como Patologia.

## **2.2 Durabilidade**

É cada vez mais notável a quantidade de edificações que apresentam algum tipo de problema relacionado a utilização, estética ou estrutura, situação em que há depreciação ou inutilização da edificação devido a estas deficiências, isso nos remete a busca pelas premissas de durabilidade.

Segundo Helene (2001), a durabilidade é definida como sendo o resultado da interação entre a estrutura de concreto, o ambiente e as condições de uso, de operação e de manutenção. Tal afirmação indica que a durabilidade não está condicionada a estruturas de aço e concreto e sim a uma série de fatores.

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) a durabilidade está assegurada às estruturas que seguirem as suas prescrições e condições relativas a durabilidade, Estado Limite Último e Estado Limite de Serviço. A garantia da durabilidade também está condicionada a realização de manutenções preventivas conforme prevê o projeto e respeito a destinação de uso da edificação.

Frente a importância e a preocupação com a durabilidade do concreto armado que a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) tem buscado frequentemente implantar e atualizar ações que garantam ou ampliem a durabilidade das estruturas. Na NBR 6118 (ABNT, 2014) temos exemplos destas ações onde é feito o aumento da espessura do cobrimento de peças em concreto armado e a redução da relação água/cimento.

## 2.3 Vida útil

A vida útil é um conceito quantitativo associado a um período de tempo. A NBR 15575 (ABNT, 2013) – Norma de Desempenho define vida útil de projeto como sendo o Período estimado de tempo para o qual um sistema é projetado a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos, considerando o atendimento aos requisitos das normas aplicáveis, o estágio do conhecimento no momento do projeto e supondo o cumprimento da periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo Manual de Uso, Operação e Manutenção.

Com base nas alterações feitas recentemente nas normas que abordam o concreto armado, é desejada uma vida útil mínima de 50 anos para edificações de uso residencial, conforme a NBR 15.575 (ABNT, 2013). Em alguns casos, há interesse em se projetarem estruturas para prazo superior a 100 anos, principalmente em obras públicas de grande responsabilidade como por exemplo estádios, barragens, túneis, viadutos, pontes, etc. (TUTHILL, 1991).

A vida útil de uma estrutura de concreto pode ser influenciada por diversos parâmetros, como os seguintes:

### a) A natureza da estrutura

A concepção das estruturas na maioria das vezes está condicionada a uma expectativa de vida útil. Algumas com a expectativa para durar apenas alguns anos, nesses casos possuem custos um pouco inferiores. Para essas edificações o controle de qualidade, visando à durabilidade, pode ser menos rígido devido ao curto período exigido para a sua utilização. Outros tipos de edificação exigem mais atenção no que diz respeito à durabilidade.

No planejamento de obras públicas tais como metrô, estádios, obras de arte, obras rodoviárias, ferroviárias ou hidrelétricas, juntamente com o estudo de viabilidade econômica e social, devem ser adotados procedimentos que demandem pouca manutenção ao longo dos anos, até que sejam substituídas, recuperadas ou modificadas.

#### b) O meio ambiente

O meio ambiente tem influência marcante na durabilidade das estruturas. Em estruturas de concreto armado como os reservatórios de águas tratadas, naquelas localizadas em ambiente marinho ou industrial agressivo, o concreto deverá ter condições especiais para resistir à severa agressividade do meio.

#### c) A função estrutural dos elementos

Elementos estruturais que têm função importante no desempenho e na estabilidade de uma edificação, como pilares, vigas de transição, rótulas, etc. que no caso de um eventual reparo seja de difícil execução ou mesmo de alto custo, devem ser projetados visando uma maior vida útil.

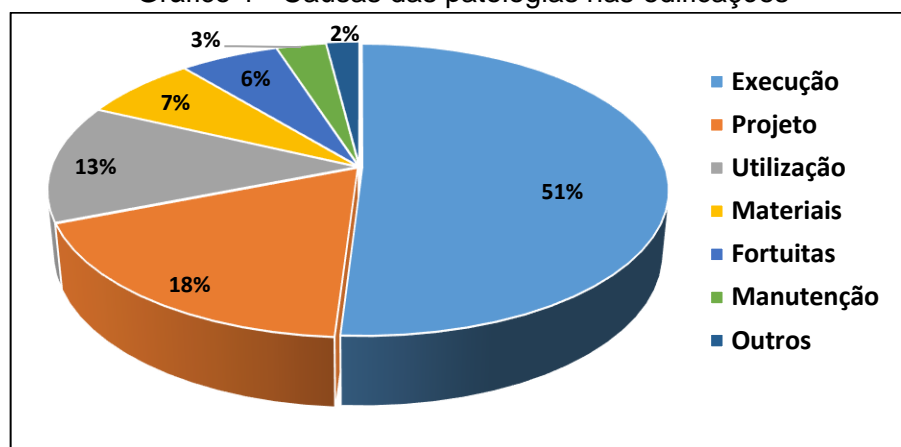
### **2.4 Manifestações Patológicas**

Segundo Cánovas (1988), patologia é a parte da engenharia que estuda os mecanismos, os sintomas, as causas e origens dos defeitos das obras. Em alguns casos, é possível se fazer um diagnóstico das patologias apenas através da visualização. Entretanto, em outros casos o problema é mais complexo, sendo necessário verificar o projeto, investigar as cargas a que foi submetida à estrutura; analisar detalhadamente a forma como foi executada a obra e, inclusive, como esta patologia reage diante de determinados estímulos. Dessa forma, é possível identificar a causa destes problemas, corrigindo-os para não se manifestarem novamente.

Para Piancastelli (1997), sendo o concreto armado, um material não inerte, ele se sujeita a alterações, ao longo do tempo, devido a interações entre seus elementos constitutivos (cimento, areia, brita, água e aço), interações entre esses e agentes externos (ácidos, bases, sais, gases e outros) e com materiais que lhe são adicionados (aditivos e adições minerais).

Segundo Palermo (1993), em levantamentos feitos em edificações brasileiras que apresentavam algum tipo de patologia, cada uma das etapas abaixo citadas seria responsável por um grau de incidência de anomalias. O Gráfico 1 demonstra as principais causas constatadas atualmente.

Gráfico 1 - Causas das patologias nas edificações



Fonte: Adaptado (AECWEB, 2017).

Na maioria dos casos, anomalias são detectadas pelos próprios usuários da edificação, mas nem sempre elas são sintomas de patologias, mas quando são, as anomalias já se encontram em adiantado estado de degradação.

Geralmente em casos de acidentes catastróficos motivados por patologias, como por exemplo, prédios que vão a ruína, não obedecem apenas uma origem agindo sozinha, mas sim várias que juntamente acabam levando a estrutura ao colapso, em São Bernardo do Campo – SP, um prédio comercial teve o desabamento de várias lajes motivado por infiltrações em uma de suas salas. Não é difícil encontrar estruturas nas quais foi cometido um grande erro em qualquer uma das etapas e mesmo assim não apresentam grandes danos.

Do contrário, pode-se encontrar estruturas que apresentem grandes danos que reduzem a durabilidade e resistência mecânica, mas que sua causa vem de erros ou falhas menores, mas quando atuam de maneira conjunta, superpondo seus efeitos e trazendo graves consequências (CÁNOVAS, 1988). É consenso entre os especialistas que, quanto mais cedo a anomalia for detectada, menor terá sido a perda de desempenho, e mais simples e barato será o reparo.

Segundo Sitter (1983), adiar os reparos significa aumentar os custos numa progressão geométrica. Portanto, é de grande importância a realização de inspeções periódicas através de profissional habilitado, para que sintomas de patologias possam ser detectadas com maior brevidade possível.

Para a identificação da origem das patologias do concreto é preciso observar suas manifestações que ocorrem normalmente nas partes externas das estruturas, mas que nem sempre, estas partes são expostas sendo necessário análise específica a estrutura. As manifestações patológicas indicadas a seguir são indícios da existência de patologias do concreto armado em diferentes tipos de elementos.

- Fissuras e Trincas;
- Desagregação;
- Erosão e Desgaste;
- Desagregação (Desplacamento ou Esfoliação);
- Segregação;
- Manchas;
- Eflorescência;
- Calcinação;
- Flechas Exageradas;
- Perda de Aderência Entre Concretos (nas juntas de concretagem);
- Porosidade;e
- Permeabilidade.

## **2.5 Metodologia de avaliação do Grau de Deterioração da Estrutura – GDE**

### **2.5.1 Definição e evolução da GDE**

A metodologia GDE teve sua origem através do autor Klein et al. (1991) onde um convênio foi firmado entre a Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS e a Prefeitura Municipal de Porto Alegre, e teve como objetivo criar e implementar um processo de vistorias sistematizadas em estruturas, especialmente viadutos, túneis e pontes, com a finalidade verificar e orientar a manutenção periódica, com foco nas ações de reparo. A metodologia apresentada classificava as estruturas em função da variedade e gravidade dos problemas apresentados, através da definição de um grau de risco.

Três anos após, Castro (1994) utilizando-se do método proposto por Klein et al. (1991) verificou que o método apresentava limitações quando utilizado em edificações convencionais, pois o mesmo era voltado para estruturas de obras de arte especiais.

Diante dessa limitação, Castro (1994) propôs alterações com o objetivo de adaptar a metodologia para estruturas convencionais. A proposta tinha como



premissas a inclusão de parâmetros que permitissem quantificar o grau de deterioração de uma estrutura usual e de seus elementos, e sua evolução ao longo da vida útil. O modelo adotado para representar o grau de dano de um elemento de Castro, baseou-se no método desenvolvido por Tuutti (1982), para estudo da evolução do processo de corrosão de armaduras, ampliado por vários autores para outros tipos de manifestações de danos em estruturas de concreto.

À metodologia de Castro (1994) foram sugeridas algumas alterações feitas por Lopes (1998), pois o método desenvolvido tinha como padrão a aplicação em seis prédios de uso comercial de propriedade do Banco do Brasil S.A., verificou-se a necessidade de algumas pequenas alterações na metodologia, visando uma maior abrangência e facilidade de sua aplicação. Lopes (1998) fez alterações nos seguintes itens: nas famílias de elementos, na relação de danos, na definição de novos fatores de ponderação de danos e na formulação de cálculo do grau de deterioração de um elemento (*Gde*).

Diante do desenvolvimento da metodologia GDE foi incorporada por Silva (1998) uma proposta de previsão de vida útil em estruturas de concreto, considerando os processos associados à corrosão de armaduras, esta associação propiciou um avanço na possibilidade de se obter uma previsão confiável de vida útil de estruturas de concreto de edificações novas e de vida útil residual de estruturas de edificações existentes. O método pode ser utilizado como ferramenta auxiliar para a tomada de decisão sobre a necessidade de atuar em estruturas deterioradas e, ainda, determinar o momento adequado para a intervenção.

Anos depois, Andrade (2000) faz uma proposta de previsão de vida útil em estruturas de concreto baseado em resultados de sua pesquisa, que estão correlacionados aos processos de corrosão de armaduras, e em especial a aqueles em que a etapa de iniciação é desencadeado pela penetração de cloretos.

Em sua versão mais recente, formulada por Boldo (2002), a metodologia de avaliação de Grau de Deterioração da Estrutura – GDE é alterada e alguns parâmetros são mudados e outros incluídos dos quais podemos citar: inclusão de danos, alterações de alguns fatores de ponderação, supressão de danos em alguns elementos, alterações de fatores de intensidade do dano e inclusão de anexo fotográfico ao roteiro de inspeção.

A fim de deixar mais compreensível a utilização do método, será apresentado um pequeno roteiro da utilização da metodologia GDE. Boldo (2002), em seu roteiro apresenta os conceitos e características de cada uma das manifestações patológicas, em seguida faz a apresentação das variáveis que compõem o cálculo do Grau de Deterioração dos Elementos e da Estrutura, dos quais podemos citar o Fator de ponderação do dano ( $Fp$ ), Fator de intensidade do dano ( $Fi$ ), Grau de deterioração de um elemento ( $Gde$ ), Grau de deterioração da família ( $Gdf$ ) e por fim o Grau de deterioração da estrutura ( $Gd$ ), sendo o nível de deterioração e as ações a serem tomadas determinados através da consulta da Tabela 1.

Tabela 1 – Classificação dos níveis de deterioração da estrutura

Nível de deterioração	$G_{de}$	Ações a serem adotadas
Baixo	0 - 15	Estado aceitável. Manutenção preventiva.
Médio	15 - 40	Definir prazo/natureza para nova inspeção. Planejar intervenção em médio prazo (máx. 2 anos).
Alto	40 - 60	Definir prazo/natureza para inspeção especializada detalhada. Planejar intervenção em curto prazo (máx. 1 ano).
Crítico	> 60	Inspeção especial emergencial. Planejar intervenção imediata.

Fonte: Boldo (2002).

Através de inspeção *in-loco*, o inspetor atribui fatores de intensidade às manifestações patológicas de acordo com o estado de deterioração em que são encontradas. Estes fatores vão de zero a quatro, sendo zero o elemento que não apresenta nenhuma lesão e quatro o elemento que está em estado crítico conforme pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação dos fatores de intensidade

0 - elemento em perfeitas condições, sem lesões;
1 - elemento em bom estado, lesões leves;
2 - elemento em estado razoável, lesões toleráveis;
3 - elemento em más condições, lesões graves;
4 - elemento em péssimas condições, estado crítico.

Fonte: Boldo (2002).

Após a aferição dos níveis de intensidade dos elementos é possível calcular através de fórmulas o dano do elemento, o grau de deterioração do elemento, o grau de

deterioração da família e por fim o grau de dano da estrutura, conforme prevê a metodologia aperfeiçoada por Boldo (2002).

### **3 METODOLOGIA**

O presente trabalho classifica-se como estudo de caso e foi realizado em edificações situadas em uma Organização Militar do Exército em Brasília – DF. O estudo consiste na avaliação do estado de degradação de duas estruturas de concreto armado com 43 anos, e foi viabilizado através da aplicação da metodologia GDE que foi apresentada por Klein et al. (1991) e teve sua última alteração proposta por Boldo (2002). A metodologia GDE é fundamentada na inspeção/avaliação de cada elemento de concreto armado, em seguida através de fórmulas é feita a avaliação do grau de deterioração da família de determinado elemento e, por fim, a verificação do grau de deterioração da estrutura como um todo.

São duas as edificações que subsidiam esta pesquisa, a primeira denominada Pavilhão de Comando, consiste numa edificação de aproximadamente 1.800 metros quadrados e possui dois pavimentos. Nesta edificação serão objetos de inspeção as lajes em balanço do beiral do 1º piso, pilares-parede das fachadas leste e oeste do pavimento superior, e juntas de dilatação e por fim lajes em balanço do beiral da cobertura. Totalizam na edificação os seguintes elementos inspecionados/avaliados: 46 pilares-parede, 2 juntas de dilatação e 14 lajes, conforme indicação na Figura 1.

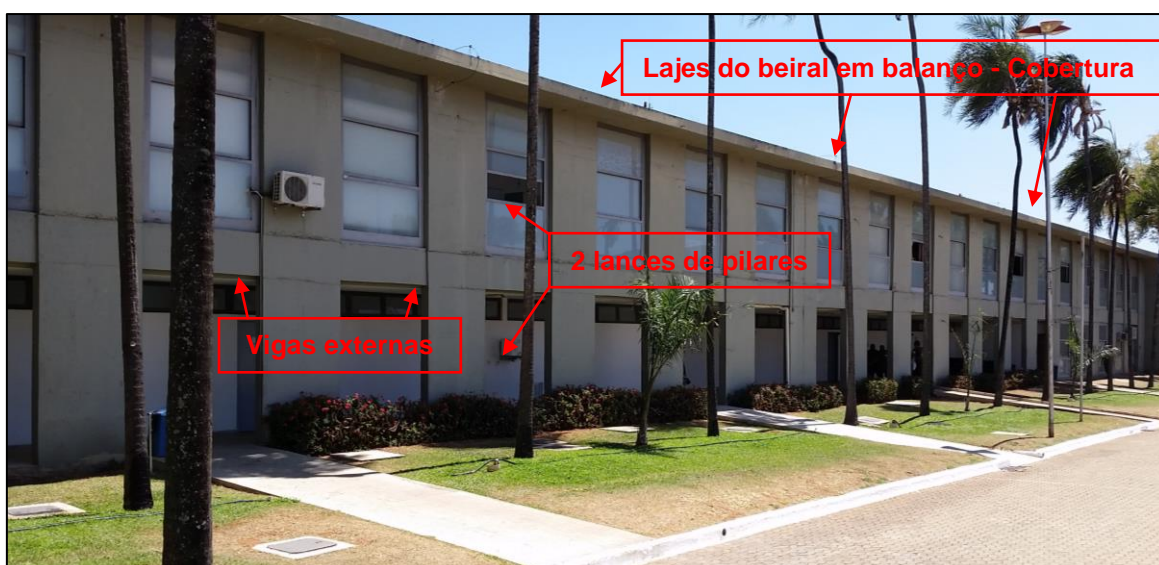
Figura 1 – Indicação de elementos inspecionados no Pavilhão de Comando



Fonte: Autor.

A segunda edificação, denominado Pavilhão Administrativo, possui aproximadamente 2.400 metros quadrados e também é composta por dois pavimentos. Neste pavilhão, serão objeto de inspeção as Lajes em balanço do beiral da cobertura, vigas externas (aparentes) no 1º piso, juntas de dilatação e os pilares-parede (2 lances) das fachadas leste e oeste, num total de 8 lajes, 48 vigas, 3 juntas de dilatação e 56 pilares-parede, conforme indica Figura 2.

Figura 2 – Indicação de elementos inspecionados no Pavilhão Administrativo



Fonte: Autor

Os demais elementos estruturais não foram avaliados devido à impossibilidade de acesso, pois internamente existe forro em toda a edificação.

Diante da impossibilidade na execução de ensaios destrutivos em muitos elementos estruturais das edificações, a verificação do estado de evolução da carbonatação nas edificações foi realizada da seguinte forma: No Pavilhão de Comando serão submetidas ao ensaio 2 lajes do 1º Pavimento (Lajes em balanço – Beiral) e 2 pilares-parede do pavimento superior, ressalta-se que o estado de carbonatação verificado nos dois elementos foi atribuído aos demais elementos de mesma família que estiverem submetidos às mesmas solicitações e estiverem expostos a condições ambientais similares.

Já no Pavilhão Administrativo o ensaio contemplará 2 pilares-parede e 2 vigas, neste pavilhão não foi possível executar o ensaio nas lajes da cobertura (Lajes em balanço – Beiral), pois estes elementos estão a aproximadamente 7,5 metros de altura, fato que colocaria em risco de queda o executor do ensaio, a exemplo do outro pavilhão, os parâmetros de carbonatação encontrados nos elementos examinados foram atribuídos aos elementos de mesma família, submetidos a solicitações similares e exposições ambientais iguais.

A etapa seguinte deste trabalho consiste no desenvolvimento de croquis das edificações (Pavilhão de Comando e Pavilhão Administrativo) que tem por objetivo a exibição do mapeamento dos danos encontrados em cada tipo de elemento.

E, por fim, foi feita uma análise comparativa entre as duas edificações em estudo, com o apontamento de qual das edificações apresentou um maior grau de deterioração.

#### **4 RESULTADOS E ANÁLISES**

Para uma melhor organização e facilidade de entendimento, os resultados foram dispostos inicialmente por edificação, desta forma, os resultados que primeiro foram apresentados são do Pavilhão de Comando em seguida foram apresentados os resultados do Pavilhão Administrativo.

#### 4.1 Pavilhão de Comando

Nesta edificação foram inspecionados um total de 62 elementos que ocorreu nos dias 4, 5 e 12 de setembro de 2017. Os primeiros resultados a serem exibidos são dos pilares do Pavilhão de Comando, só foi possível a inspeção dos pilares do 1º piso, pois os pilares do pavimento térreo estão revestidos por mármore e pintura, o que inviabilizou a inspeção dos mesmos. Na Tabela 3 está a apresentação do grau de dano de cada elemento ( $G_{de}$ ) e a apresentação do grau de dano da respectiva família ( $G_{df}$ ).

Tabela 3 – Grau de dano de elementos e família – Pilares – Pavilhão de Comando

PILARES																							
Local	PAVILHÃO DE COMANDO - PAV SUPERIOR																						
Nome do Elemento		P86		P87		P88		P90		P98		P105		P106		P110		P114		P127		P128	
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D
Carbonatação	7	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8
Cobrimento Deficiente	6	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Contaminação por Cloretos	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Corrosão de Armaduras	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desagregação	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desvio de Geometria	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eflorescência	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Esfoliação	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fissuras	10	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	1	4	-	-	1	4	-	-	-	-	-	-
Infiltração na Base	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Manchas	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1	2
Recalque	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Segregação	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2,4	-	-
Sinais de Esmagamento	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	5,6	Gde	6,3	Gde	2,8	Gde	5,6	Gde	2,8	Gde	4,5	Gde	4,0
		Gdf = 0																					

Fonte: Autor.

Os pilares que apresentaram grau de dano insignificantes (76%) não foram exibidos na Tabela 3 devido à grande quantidade de elementos inspecionados. O grau de dano da família encontrado foi igual a zero, pois conforme prescreve o método, elementos com  $G_{de}$  menor ou igual a 15 não são incluídos no cálculo do  $G_{df}$ .

Nota-se que o grau de dano de 24% dos pilares ficou entre 2,8 e 6,3, sendo os principais danos encontrados o cobrimento deficiente, fissuras, manchas, segregação e infiltração na base.

Os resultados apresentados abaixo se referem as lajes do 1º Piso e estão expressos na Tabela 4 com a apresentação do grau de dano de cada elemento ( $G_{de}$ ) e a apresentação do grau de dano da família ( $G_{df}$ ).

Tabela 4 – Grau de dano de elementos e família – Lajes – 1º Piso – Pav. de Comando

LAJES EM BALANÇO - BEIRAL																	
Local	PAVILHÃO DE COMANDO - 1º PISO																
Nome do Elemento		L1		L2		L3		L4		L5		L18		L19		L20	
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D
Carbonatação	7	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8
Cobrimento Deficiente	6	2	4,8	2	4,8	-	-	-	-	2	4,8	-	-	-	-	-	-
Contaminação por Cloretos	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Corrosão de Armaduras	7	3	28	2	5,6	-	-	-	-	2	5,6	-	-	-	-	-	-
Desagregação	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eflorescência	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Esfoliação	8	1	3,2	-	-	-	-	-	-	1	3,2	-	-	-	-	-	-
Fissuras	10	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4
Flechas	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltração	6	2	4,8	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	2	4,8	2	4,8	3	24
Manchas	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Segregação	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Gde	39,5	Gde	9,6	Gde	6,3	Gde	6,3	Gde	9,8	Gde	7,6	Gde	7,6	Gde	29,3
		Gdf = 56,36															

Fonte: Autor.

O grau de dano da família encontrado foi igual a 56,36 sendo que 100% das lajes em balanço do 1º piso apresentaram manifestações patológicas. O grau de dano dos elementos ficou entre 6,3 e 39,5, sendo os principais danos encontrados a carbonatação, cobrimento deficiente, corrosão de armaduras, esfoliação, fissuras e infiltração.

A Tabela 5 do Pavilhão de Comando, onde podemos verificar os resultados das lajes de cobertura. Nesta edificação não foi possível inspecionar as vigas de centro e lajes do telhado devido a impossibilidade de acesso às mesmas por causa do forro e telhado.



Tabela 5 – Grau de dano de elementos e família – Lajes Cobertura – Pav. de Comando

LAJES EM BALANÇO - BEIRAL													
Local	PAVILHÃO DE COMANDO - COBERTURA												
Nome do Elemento		L1		L2		L3		L11		L12		L13	
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D
Carbonatação	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobrimento Deficiente	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Contaminação por Cloretos	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Corrosão de Armaduras	7	-	-	2	5,6	-	-	-	-	-	-	-	-
Desagregação	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eflorescência	5	-	-	-	-	-	-	2	4	1	2	1	2
Esfoliação	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fissuras	10	1	4	-	-	2	8	3	40	2	8	1	4
Flechas	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Infiltração	6	1	2,4	-	-	2	4,8	2	4,8	2	4,8	3	24
Manchas	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Segregação	5	-	-	1	2	-	-	-	-	1	2	1	2
		Gde	5,5	Gde	7,1	Gde	11,0	Gde	47,2	Gde	12,2	Gde	30,0
		Gdf = 65,56											

Fonte: Autor.

Nas lajes em balanço da cobertura o grau de dano da família encontrado foi igual a 65,56 sendo que 100% dos elementos apresentaram manifestações patológicas. O grau de dano dos elementos ficou entre 5,5 e 47,2, sendo os principais danos encontrados a corrosão de armaduras, eflorescência, fissuras, infiltração e segregação.

Os últimos elementos inspecionados no Pavilhão de Comando são as juntas de dilatação que apresentam o grau de deterioração dos elementos e da família na Tabela 6.

Tabela 6 – Grau de dano de elementos e família – Juntas de dilatação – Pav. de Comando

JUNTAS DE DILATAÇÃO					
Local	PAVILHÃO DE COMANDO				
Nome do Elemento		Junta 1		Junta 2	
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D
Infiltração	10	2	8	2	8
Obstrução de junta	10	-	-	-	-
		Gde	8,0	Gde	8,0
		Gdf = 0			

Fonte: Autor.

As juntas de dilatação do Pavilhão de Comando apresentaram grau de dano do elemento igual a 8,0 e grau de dano da família igual a zero.



Após calculados os graus de deterioração das famílias de elementos do Pavilhão de Comando, estes foram multiplicados por seus respectivos fatores de relevância estrutural ( $F_r$ ), e em seguida o somatório desta multiplicação é dividido pelo somatório dos fatores de relevância estrutural, com isso obtém-se o Grau de deterioração da estrutura, como pode ser verificado na Tabela 7.

Tabela 7 – Grau de deterioração da estrutura – Pavilhão de Comando

Grau de deterioração da Estrutura			
Local	Pavilhão de Comando		
Família de Elementos	Gdf	Fr	Gdf x Fr
Pilares	0	5,0	0
Lajes 1º Piso (Beiral )	56,36	4,0	225,44
Lajes Cobertura (Beiral )	65,56	4,0	262,24
Juntas de Dilatação	0	3,0	0
	Total	16,0	487,68
		Gd	30,48

Fonte: Autor.

Conforme a Tabela 7 demonstra podemos verificar que o Grau de deterioração da estrutura do Pavilhão de Comando é 30,48, estando a edificação em nível de deterioração médio, o que requer que uma nova data de inspeção seja estipulada, exigindo também um plano de intervenção de médio prazo (no máximo 2 anos).

As lajes do beiral da cobertura apresentaram maior grau de dano, seguidas das lajes do beiral do 1º piso, enquanto os pilares e juntas de dilatação não apresentaram danos significativos.

## 4.2 Pavilhão Administrativo

Foram objetos de inspeção um total de 115 elementos que ocorreu nos dias 1º, 4 e 12 de setembro de 2017. Seguindo a ordem dos resultados apresentados anteriormente, os primeiros resultados a serem exibidos neste pavilhão são dos pilares, a inspeção realizada contempla os dois lances (Térreo e 1º Pav.) de pilares-parede, os pilares internos não foram inspecionados pois estão revestidos por pintura. Na Tabela 8 está a apresentação do grau de dano de cada elemento ( $G_{de}$ ) e a apresentação do grau de dano da respectiva família ( $G_{df}$ ).

Tabela 8 – Grau de dano de elementos e família – Pilares – Pavilhão Administrativo

PILARES																							
Local	PAVILHÃO ADMINISTRATIVO - 2 LANCES DE PILARES																						
Nome do Elemento		P13		P16		P17		P18		P19		P24		P28		P29		P30		P31			
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D		
Carbonatação	7	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8		
Cobrimento Deficiente	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2,4	-	-		
Contaminação por Cloretos	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Corrosão de Armaduras	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Desagregação	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Desvio de Geometria	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Eflorescência	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Esfoliação	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Fissuras	10	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Infiltração na Base	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Manchas	5	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Recalque	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Segregação	6	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	-	-	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4		
Sinais de Esmagamento	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Gde	4,1	Gde	4,5	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	5,6	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,6	Gde	4,1		
Nome do Elemento		P32		P33		P34		P35		P36		P37		P38		P39		P94		P79			
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D		
Carbonatação	7	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8		
Cobrimento Deficiente	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Contaminação por Cloretos	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Corrosão de Armaduras	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Desagregação	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Desvio de Geometria	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Eflorescência	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Esfoliação	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Fissuras	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Infiltração na Base	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Manchas	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2		
Recalque	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Segregação	6	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4		
Sinais de Esmagamento	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,5		
Nome do Elemento		P80		P82		P83		P84		P87		P88		P90		P91		P92		P93		P126	
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D		
Carbonatação	7	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8		
Cobrimento Deficiente	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Contaminação por Cloretos	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Corrosão de Armaduras	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Desagregação	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Desvio de Geometria	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Eflorescência	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Esfoliação	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Fissuras	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Infiltração na Base	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Manchas	5	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2		
Recalque	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Segregação	6	-	-	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4		
Sinais de Esmagamento	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
		Gde	4,0	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,1	Gde	4,5
		Gdf = 0																					

Gdf = 0

Fonte: Autor.

Os pilares que apresentaram grau de dano insignificantes (45%) não foram exibidos na Tabela 8 devido à grande quantidade de elementos inspecionados. O grau de dano da família encontrado foi igual a zero. Nota-se que o grau de dano de 55%

dos pilares ficou entre 4,0 e 5,6, sendo os principais danos encontrados a carbonatação, cobrimento deficiente, fissuras, manchas e segregação.

A Tabela 9 apresenta os resultados das lajes inspecionadas no Pavilhão Administrativo. Abaixo é possível verificar que nenhum elemento apresentou *Gde* igual ou superior a 15, no entanto o grau de dano da família é igual a zero.

Tabela 9 – Grau de dano de elementos e família – Lajes – Pavilhão Administrativo

LAJES EM BALANÇO - BEIRAL																		
Local	PAVILHÃO ADMINISTRATIVO - LAJES																	
Nome do Elemento		L2			L3		L4		L5		L6		L7		L8		L9	
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	
Carbonatação	7	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	1	2,8	
Cobrimento Deficiente	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Contaminação por Cloretos	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Corrosão de Armaduras	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Desagregação	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Eflorescência	5	-	-	1	2	1	2	1	2	-	-	2	4	-	-	-	-	
Esfoliação	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fissuras	10	1	4	2	8	1	4	1	4	1	4	1	4	2	8	1	4	
Flechas	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Infiltração	6	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	1	2,4	2	4,8	0	0	1	2,4	
Manchas	5	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	
Segregação	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
		Gde	6,3	Gde	11,8	Gde	6,6	Gde	6,8	Gde	6,3	Gde	8,1	Gde	10,1	Gde	6,3	
		Gdf = 0																

Fonte: Autor.

Nas lajes em balanço do beiral da cobertura do Pavilhão Administrativo 100% dos elementos apresentaram manifestações patológicas. O grau de dano dos elementos ficou entre 6,3 e 11,8, sendo os principais danos encontrados a carbonatação, eflorescência, fissuras e infiltração. Embora as lajes das duas edificações estejam submetidas as mesmas condições ambientais as lajes do Pavilhão Administrativo estão em melhor estado e isso se justifica pela robustez das lajes deste pavilhão que tem 25 centímetros de espessura, ou seja, são menos esbeltas que as lajes do Pavilhão de Comando, fato que as deixam mais vulneráveis a fissuras e consequentemente infiltrações.

Os valores dos graus de dano dos elementos da inspeção das juntas de dilatação do Pavilhão Administrativo estão expressos na Tabela 10.

Tabela 10 – Grau de dano de elementos e família – Juntas de dilatação – Pav. Administrativo

JUNTAS DE DILATAÇÃO							
Local	PAVILHÃO DE ADMINISTRATIVO						
Nome do Elemento		Junta 1		Junta 2		Junta 3	
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D	Fi	D
Infiltração	10	2	8	1	4	2	8
Obstrução de junta	10	-	-	-	-	-	-
		Gde	8,0	Gde	4,0	Gde	8,0
		Gdf = 0					

Fonte: Autor.

As juntas de dilatação do Pavilhão de Administrativo apresentaram grau de dano do elemento igual entre 4,0 e 8,0 e grau de dano da família igual a zero, sendo que em 100% delas foi constatada a existência de infiltrações.

Finalizando a apresentação dos resultados dos elementos do Pavilhão Administrativo serão expressos os valores obtidos na inspeção das vigas, conforme Tabela 11.

Tabela 11 – Grau de dano de elementos e família – Vigas – Pavilhão Administrativo

VIGAS																								
Local	PAVILHÃO ADMINISTRATIVO - VIGAS																							
Nome do Elemento		V1			V7		V8		V48		V49		V54		V63		V65		V66		V69		V71	
Danos	Fp	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	Fi	D	
Carbonatação	7	2	5,6	2	5,6	2	5,6	2	5,6	2	5,6	2	5,6	2	5,6	2	5,6	2	5,6	2	5,6	2	5,6	
Cobrimento Deficiente	6	2	4,8	2	4,8	0	0	2	4,8	2	4,8	2	4,8	2	4,8	0	0	2	4,8	2	4,8	2	4,8	
Contaminação por Cloretos	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Corrosão de Armaduras	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Desagregação	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Eflorescência	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Esfoliação	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3,2	-	-	-	-	-	-	-	-	
Flechas	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fissuras	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	1	4		
Infiltração	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Manchas	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Segregação	4	-	-	1	1,6	-	-	-	-	1	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Sinais de Esmagamento	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3,2	-	-	1	3,2	
		Gde	8,2	Gde	8,6	Gde	5,6	Gde	8,2	Gde	8,6	Gde	8,2	Gde	8,9	Gde	5,6	Gde	8,9	Gde	9,0	Gde	9,4	
		Gdf = 0																						

Fonte: Autor.

Conforme pode ser verificado na Tabela 11 o grau de dano da família encontrado é zero, pois nenhum elemento apresentou um grau de dano igual ou superior a 15.

As vigas que apresentaram grau de dano insignificantes (77%) não foram exibidos na Tabela 11 devido à grande quantidade de elementos inspecionados. Nota-

se que o grau de dano de 23% das vigas ficou entre 5,6 e 9,4, sendo os principais danos encontrados a carbonatação, cobrimento deficiente, esfoliação, fissuras, segregação e sinais de esmagamento.

Depois de verificados os graus de dano das famílias é possível calcular o grau de deterioração da estrutura do Pavilhão Administrativo conforme apresenta a Tabela 12.

Tabela 12 – Grau de deterioração da estrutura – Pavilhão Administrativo

<b>Grau de deterioração da Estrutura</b>			
<b>Local</b>	<b>Pavilhão de Administrativo</b>		
<b>Família de Elementos</b>	<b>Gdf</b>	<b>Fr</b>	<b>Gdf x Fr</b>
<b>Pilares</b>	0	5,0	0
<b>Lajes 1º Piso (Beiral )</b>	0	4,0	0
<b>Lajes Cobertura (Beiral )</b>	0	4,0	0
<b>Juntas de Dilatação</b>	0	3,0	0
	Total	16,0	0,0
		Gd	0,0

Fonte: Autor.

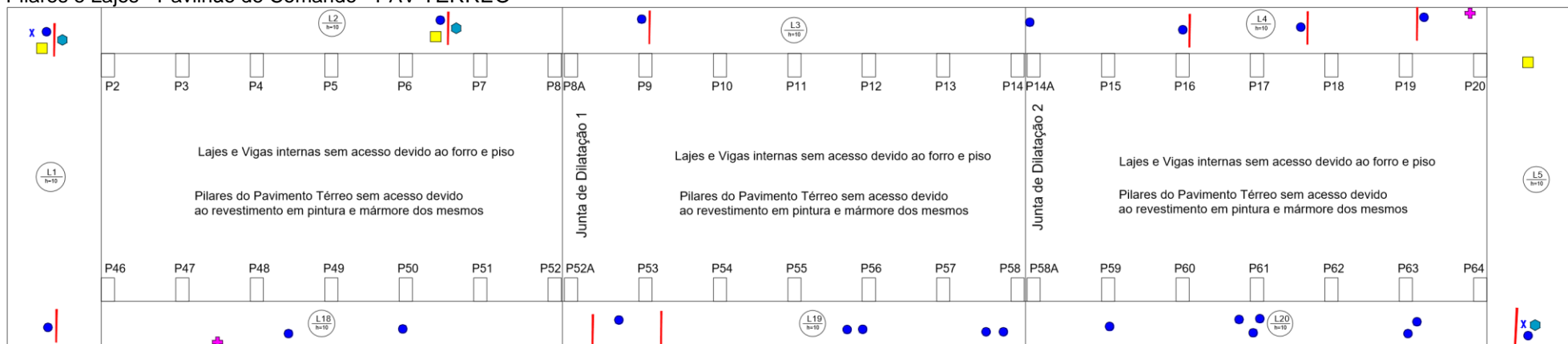
Na Tabela 12 verificou-se que o Grau de deterioração da estrutura do Pavilhão Administrativo é zero, pois os graus de deterioração das famílias foram iguais a zero, desta forma, a edificação está em nível de deterioração baixo, o que requer somente manutenções preventivas.

Em seguida serão exibidos os croquis com o mapeamento das manifestações patológicas encontradas nas edificações conforme ilustram as Figuras 3 e 4.

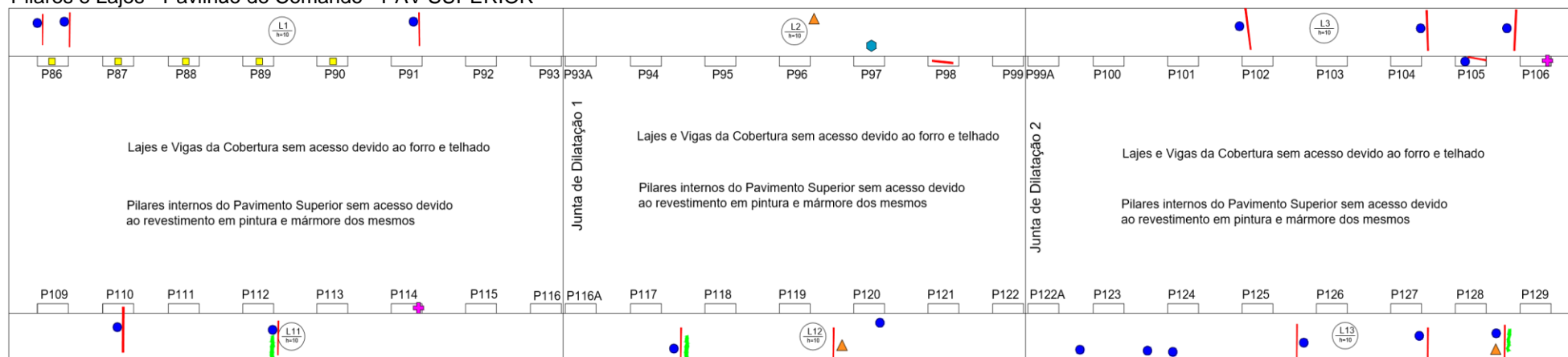
Na Figura 3, que contempla o mapeamento visual das manifestações patológicas do Pavilhão de Comando, foi verificado que as estruturas foram bem executadas no período de sua construção e que as manifestações patológicas encontradas são decorrentes da falta de manutenção, em especial da falta de sistema de impermeabilização das lajes em balanço. Nas Lajes do 1º piso, as Lajes L1 e L20 são as que apresentaram maior estado de degradação e constatou-se a existência de carbonatação, cobrimento deficiente, corrosão de armaduras, esfoliação, fissuras e infiltrações.

Figura 3 – Croqui com o mapeamento das manifestações patológicas no Pavilhão de Comando

Pilares e Lajes - Pavilhão de Comando - PAV TÉRREO



Pilares e Lajes - Pavilhão de Comando - PAV SUPERIOR

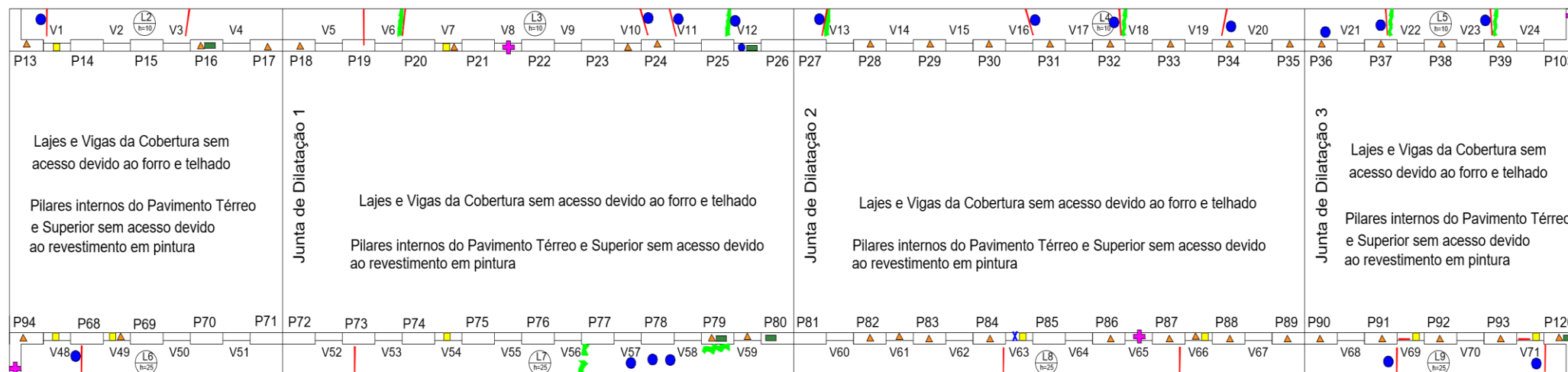


- ✚ CARBONATAÇÃO
- COBRIMENTO DEFICIENTE
- CORROSÃO DE ARMADURAS
- EFLORESCÊNCIA
- ✕ ESFOLIAÇÃO
- FISSURAS
- INFILTRAÇÃO
- MANCHAS
- ▲ SEGREGAÇÃO

Fonte: Autor.

Figura 4 – Croqui com o mapeamento das manifestações patológicas no Pavilhão Administrativo

Pilares, Vigas e Lajes - Pavimento Térreo e Superior - Pavilhão ADM



- ✚ CARBONATAÇÃO
- COBRIMENTO DEFICIENTE
- CORROSÃO DE ARMADURAS
- EFLORESCÊNCIA
- ✕ ESFOLIAÇÃO
- FISSURAS
- INFILTRAÇÃO
- MANCHAS
- ▲ SEGREGAÇÃO

Fonte: Autor.

No mapeamento realizado no Pavilhão Administrativo, ilustrado pela Figura 4, a exemplo da outra edificação, verificou-se que as estruturas também foram bem executadas no período de sua construção e que embora o estado de degradação seja baixo, existem várias manifestações patológicas em estado inicial e que em pouco período de tempo podem potencializar seus sintomas. Nos elementos desta edificação os principais sintomas encontrados foram a carbonatação, fissuras, infiltração e segregação.

### 4.3 Carbonatação

Como o ensaio de carbonatação foi o único ensaio destrutivo realizado os valores aferidos serão apresentados na Tabela 13, foram analisados quatro elementos no Pavilhão de comando, sendo duas lajes (L4 e L18) e dois pilares (P106 e P114), no Pavilhão Administrativo também foram quatro os elementos inspecionados sendo dois pilares (P94 e P103) e duas vigas (V8 e V65).

Tabela 13 – Ensaio de Carbonatação e verificação de Cobrimento

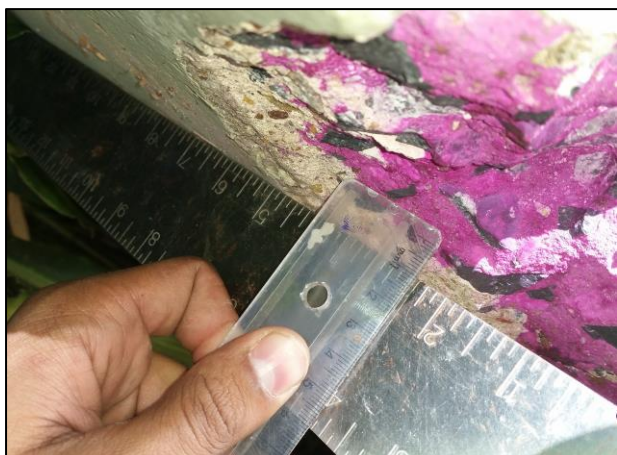
ENSAIO DE CARBONATAÇÃO				
Local	PAVILHÃO DE COMANDO			
Elementos Inspeccionados	LAJE 4	LAJE 18	PILAR 106	PILAR 114
Profundidade da Carbonatação (cm)	1,50	1,50	2,00	2,50
Local	PAVILHÃO ADMINISTRATIVO			
Elementos Inspeccionados	PILAR 94	PILAR 103	VIGA 8	VIGA 65
Profundidade da Carbonatação (cm)	1,50	1,00	1,50	2,00

Fonte: Autor.

Na execução do ensaio verificou-se que a frente de carbonatação não penetrou significativamente nas lajes e pilares, porém nas vigas, a frente de carbonatação já chegou até as armaduras conforme pode ser visualizado nas Figuras 4 e 5.



Figura 5 – Ensaio de carbonatação no Pilar 103



Fonte: Autor.

Figura 6 – Ensaio de carbonatação na Viga 65



Fonte: Autor.

Não foi possível encontrar as armaduras das lajes e pilares quando os elementos foram escarificados para realização do ensaio de carbonatação, foram feitas aberturas nestes elementos de aproximadamente 3 a 4 centímetros de profundidade.

Depois de apresentados os graus de deterioração das estruturas das duas edificações, uma análise para determinação de qual das estruturas está em processo deterioração mais avançado fica facilitada, a estrutura da edificação que apresentou um maior grau de deterioração da estrutura (*Gd*) foi o Pavilhão de Comando com um valor de 30,48, neste foram observadas a existência de patologias em estado avançado, tais patologias devem ser tratados num prazo máximo de 2 anos afim de se garantir a utilização da edificação e segurança dos usuários. No Pavilhão Administrativo as patologias encontradas apresentaram intensidades relativamente menores que as encontradas no Pavilhão de Comando, o que faz com que ele esteja em estado de deterioração aceitável e sua utilização não está comprometida.

Com o objetivo de demonstrar e justificar os fatores de intensidade atribuídos nos elementos neste estudo, a Figura 7 até a Figura 12 apresentam fotografias dos elementos que apresentaram maiores danos com seus respectivos fatores de intensidade.

### Fotografias dos Danos e Fatores de Intensidade Atribuídos na Inspeção

Figura 7 – Carbonatação Laje 4 – 1° Piso – Pav. Comando



Fi = 1.

Figura 8 – Corrosão de armadura Laje 1 – 1° Piso Pav. Comando



Fi = 3.

Figura 9 – Infiltração Laje 7 – Cobertura – Pav. Administrativo



Fi = 2.

Figura 10 – Eflorescência Laje 7 – Cobertura – Pav. Administrativo



Fi = 2.

Figura 11 – Cobrimento deficiente Viga 63 – Pav. Administrativo



Fi = 2.

Figura 12 – Fissura Laje 19 – 1° Piso – Pav. Comando



Fi = 1.

## 5 CONCLUSÃO

Frente à importância do concreto armado na vida das pessoas e engenharia civil atualmente é de suma importância que se tenha controle da durabilidade e vida útil das edificações, garantindo assim a utilização das estruturas sem colocar em risco seus usuários. Neste estudo, onde foi realizada a verificação dos graus de deterioração das estruturas de duas edificações, verificou-se que a estrutura que estava mais comprometida era a da edificação do Pavilhão de Comando, fato que indica que a estrutura está em nível de deterioração médio e requer manutenção corretiva no máximo em 2 anos conforme prevê o método. Tais conclusões foram possíveis através da utilização da Metodologia GDE, que verifica o grau de dano das estruturas. Esta ferramenta demonstrou ser confiável e bem elaborada, requerendo pequenos ajustes.

Embora as duas edificações sejam de concreto armado e estejam próximas uma da outra, apresentaram diferentes graus de deterioração das estruturas. Tal fato pode ser justificado pela espessura dos elementos, sendo que no Pavilhão Administrativo as lajes em balanço do beiral da cobertura possuem 25 centímetros de espessura e no Pavilhão de Comando as lajes têm 10 centímetros de espessura o que garante que a estrutura do Pavilhão Administrativo seja menos esbelta que a estrutura do Pavilhão de Comando.

Os elementos que possuem 10 centímetros de espessura são mais vulneráveis a fissuras e consequentemente infiltrações. É importante ressaltar que durante a inspeção foi verificado que todas as lajes analisadas apresentam sistemas de impermeabilização degradados e em alguns casos nem apresentam qualquer tipo de proteção, o que coloca as estruturas expostas a agentes externos, acelerando o processo de degradação da estrutura de concreto armado.

## **QUANTITATIVE ANALYSIS OF SIMILAR STRUCTURES IN REINFORCED CONCRETE USING THE GDE / UNB METHODOLOGY CASE STUDY**

### **ABSTRACT**

Reinforced Concrete has become the material most used by civil construction in the world, it implies in large studies for the understanding of behavior from these structures designed with application of this material. The results of this concern was the creation of the GDE Methodology, wich allows to know the deterioration scale of structures by means of in-loco inspections. Applying this tool in two buildings on a military area of the Brazilian Army – Distrito Federal, were verified with the objective of evaluate the level of deterioration from buildings. In this evaluation was verified 177 structural elements, with a construction of sketches from buildings, with analysis of each type of pathology in both buildings and finally a comparison was made among deterioration state in each structure. It was verified that in one of the buildings the incidence of pathological manifestations occurred more markedly with degree of deterioration of 30,48 while a second one was 0,00 in the elements with greater agent of external agents, such as rain and sun. Such anomalies were motivated by the lack of preventive maintenance, degraded waterproofing or lack thereof and slenderness of the structural elements of the Command Pavilion.

Keywords: Gde Methodology. Pathologies. Durability. Lifespan.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**. Edificações habitacionais — Desempenho, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto - Procedimento, 2014.

AECWEB. **O portal da Arquitetura, engenharia e construção**. Disponível em: <[https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/patologias-do-concreto\\_6160\\_10\\_0](https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/patologias-do-concreto_6160_10_0)>. Acesso em: 25 maio 2017.

ANDRADE, J. J. O. **Durabilidade das estruturas de concreto armado**: Análise das manifestações patológicas nas estruturas no estado de Pernambuco. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 148p, 1997.

ANDRADE, J. J. O. **Contribuição à previsão da vida útil das estruturas de concreto armado atacadas pela corrosão de armaduras**: iniciação por cloretos. Exame de Qualificação de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 63p, Maio 2000.

ANGELO, A. M. V. **Análise das Patologias das Estruturas em Concreto Armado do Estádio Magalhães Pinto – Mineirão**. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, 2004.

AZEVEDO, M. T. Patologia das Estruturas de Concreto. In: ISAIA, G. C. (Ed.). **Concreto – Ciência e Tecnologia**. v.2; São Paulo, 2011, p. 1095-1128.

BOLDO, P. **Avaliação Quantitativa de Estruturas de Concreto Armado de Edificações no Âmbito do Exército Brasileiro**. 295f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2002.

CÁNOVAS, M.F. **Patologia e terapia do concreto armado**. São Paulo: Editora Pini, 1988, 522p.

CASTRO, E. K. **Desenvolvimento de metodologia para manutenção de estruturas de concreto armado**. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 185p, Dezembro 1994.

GONÇALVES, E. A. B. **Estudo de Patologias e suas Causas nas Estruturas de Concreto Armado de Obras de Edificações**. Projeto de Graduação (Monografia). Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro – RJ, 2015.

HELENE, P. R. L. **Manual para Reparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto**. São Paulo: Pini, 1997.

HELENE, P. R. L. **Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto**. WORKSHOP SOBRE DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES. São José dos Campos, 2001.

KLEIN, D. et al. **Critérios adotados na vistoria e avaliação de obras de arte**. XXV Jornadas Sul Americanas de Engenharia Estrutural, Anais, p 185-196, Porto Alegre Novembro 1991.

LAPA, José Silva. **Patologia, Recuperação e Reparo das Estruturas de Concreto**. Monografia (Especialização). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG, 2008.

LOPES, B.A.R. **Sistema de manutenção estrutural para grandes estoques de edificações: Estudo para inclusão do componente Estrutura do Concreto**. Dissertação de Mestrado em Estruturas, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 308p, Setembro 1998.

PALERMO, G. Geometria do concreto durável. **Revista Técnica**, n.5, p. 33-38, jul./ago. 1993.

PIANCASTELLI, E.M. **Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto Armado** - Apostila para Curso de Extensão Ed. Depto. Estruturas da EEUFMG - 160p, 1997.

SILVA, T. J. **Predicción de la vida útil de forjados unidireccionales de hormigón mediante modelos matemáticos de deterioro**, Tese de Doutorado, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 300p. Janeiro 1998.

SITTER, W.R. **Costs for service life optimization, the Law of Fives**. CEB – RILEM, Internacional Workshop, Copenhagen, p130-134, Maio 1983.

TUTHILL, L.H. **Long service life of concrete**. *Concrete International*, v. 13, n. 7, ACI, p.15-17, July 1991.

TUUTTI, K. **Corrosion Steel in Concrete**. Swedish Cement and Concrete Research Institute, p. 469, 1982.